

Julian Barbour időtlen világa

Szabó Gábor*

Julian Barbour ötven éve minden idejét annak szenteli, hogy megmutassa: nincsen idő. Abszurd gondolat, mondhatni. Csak körül kell nézni: az óra jár, a napok peregnek, az élet elszáll – minden az időről tanúskodik. Az ember leginkább valamiféle lapos szofizmat sejt egy ilyen kijelentés mögött. Julian Barbour mégis ezt állítja. Ki ez az ember?

Barbour fizikus és egyben tudománytörténész, aki ugyanakkor kívül áll az akadémia világán: egy Oxford-közelében él, és fordításból keresi kenyerét. Ez a kívülállás, mint mondja, felszabadítja az oktatás és publikálás kényszere alól, és lehetővé teszi, hogy évtizedeken át zavartalanul egyazon témának szentelhesse magát. A központi probléma, amely Barbourt foglalkoztatja, a tér és idő leibnizi, relációs fogalmának kérdése. Ez a probléma áll tanulmányai középpontjában, és ez a motívum húzódik meg annak a *The discovery of dynamics* (2001) című monumentális munkájának is a hátterében, amelyben Barbour a dinamika fogalmának történeti kialakulását követi végig a preszókratikusoktól a poszt-newtoni korszakig. Témánk szempontjából azonban egy másik könyv lesz fontos, a *The end of time* (1999), amely egy grandiózus vállalkozás Barbour nagyívű tézisének alátámasztására, hogy tudniillik az idő nem létezik. Az alábbiakban ehhez a heroikus vállalkozáshoz szeretnék néhány lábjegyzetet fűzni.

Események és történetek

Kezdjük rögtön egy tanmesével. Képzeljük el, hogy a teremtés hajnalán a mindenható úgy dönt, hogy szűkre szabja világunk idejét, és földi életünknek csupán három röpk pillanatot ad. De nemcsak az idővel szűkmarkú a teremtő, hanem a lehetséges eseményekkel is: mindössze két eseményt engedélyez, A-t és B-t. Ha a két lehetséges esemény közül minden időpontban csak az egyik állhat fenn, akkor a világ lehetséges sorsát az alábbi nyolc történet írja le: AAA, AAB, ABA, ABB, BAA, BAB, BBA és BBB. Tegyük fel, hogy a világ aktuális története a nyolc lehetséges közül az ABA. Ha egy fizikus eltöpreng azon, hogy a teremtő vajon milyen természettörvény alapján választotta is ki a lehetséges történetek közül az aktuálisat, akkor például az alábbi következtetésre juthat. A természettörvény bizonyára ez: *Változtass!* Vagyis minden pillanatban változtasd meg az dolgok állását, azaz az A eseményt kövesse B, a B-t pedig A. Ha a világban ez a természettörvény uralkodik, és ha a világ állapota az első másodpercben A volt, akkor az aktuális ABA történet determinisztikus magyarázatot nyer. Hasonlóan, ha a világ aktuális története mondjuk AAA, akkor ezt fizikusunk könnyen magyarázhatja például az *Ismételj!* természettörvénnyel és az A

* MTA BTK, Filozófiai Intézet. Email: szabo.gabor@btk.mta.hu.

kezdőfeltétellel. A két természettörvény ún. szélsőértékelvek segítségével is megfogalmazható: az első természettörvénnyel a teremtő minden bizonnyal a változatosságot kívánta maximalizálni, a másodikkal az unalmat.

Hogyan jut érvényre az idő a fenti példában? A szokásos matematikai reprezentáció szerint az idő egy olyan függvény, amely az lineárisan rendezett időpontokhoz eseményeket rendel, vagyis az időpontok $\{1,2,3\}$ halmazához rendre az események $\{A,B\}$ halmazának valamely elemét. A világ aktuális történetét például az a függvény adja meg, amely az 1-hez az A eseményt, a 2-höz a B-t, a 3-hoz ismét az A-t rendeli. Ez a függvény megadja tehát, hogy melyik időpontban melyik esemény következett be.

De honnan tudja e világ lakója, hogy az első A esemény éppen az első másodpercben történt? – kérdezhetjük. Onnan, hogy ránéz az órájára. Igen ám, de ebben a miniverzumban nincsen óra; éppen most szögeztük le, hogy a világban mindössze két esemény van, A és B. De még ha lenne is, az óramutató állása is csak egy további esemény lenne a világon *belül*, vagyis nem egy *külső*, rendezett eseményhalmaz, amellyel paraméterezve a világ eseményeit azok valamiféle irányítottságra, időbeliségre tehetnének szert. De akkor honnan származik a világ eseményeinek ez az időbelisége?

Térjünk vissza ismét a teremtés pillanatához, és képzeljük el, hogy a mindenható most ugyanazt a világot másképpen teremti meg, vagy, amint majd látni fogjuk, valójában egy másik világot teremt. Ahelyett, hogy a világ történetét fokról-fokra kibontakoztatná az időben, az időt mintegy beleépíti az eseményekbe a következő módon. A világban most nem kettő, hanem tizennégy lehetséges esemény van: A, B, AA, AB, BA, BB, AAA, AAB, ABA, ABB, BAA, BAB, BBA és BBB. A szekvenciális jelölésmód itt arra utal, hogy e második világ *eseményei*, vagy ahogy Barbour nevezi, *pillanatai* rendre megfelelnek az első világ valamely *történetének* vagy azok kezdőselejteinek. De ne feledjük, hogy itt ABA nem egy időben kibomló történet, hanem egyetlen szinguláris esemény. Jelentése pedig a következő: a világ ebben a pillanatban A állapotú; ebből a pillanatból nézve egy másik pillanatban B állapotú, ahonnan nézve egy harmadik pillanatban ismét csak A. Az ilyen eseményeket nevezi Barbour *időkapszulának*.

Mi is egy időkapszula?

Időkapszulák

Az időkapszula egy olyan esemény, amely egy másik, hozzá képest múltbeli eseménynek az emléke. Ilyen lehet egy lábnyom a homokban, az ujjlenyomat a gyilkos fegyveren vagy egy fosszília a sziklában. Az *emlék* kifejezés azonban itt félrevezető, mivel a hagyományos időfelfogáshoz igazodik, amely szerint aktuálisan *két* eseményünk van, az egyik követi a másikat az időben, és az első valamiképpen nyomot hagy a másodikon. Barbournál azonban nem az események vannak az időben, hanem az idő van az eseményekben, a pillanatokban. Az időkapszula tehát olyan esemény, amely belső struktúrája révén létrehozza az időbeliséget. Olyan „struktúra, amelyek egy konzisztens történetet látszik elmondani” (Barbour, 1999, p. 33).

Mielőtt megvizsgálnánk, hogy ez hogyan is lehetséges, térjünk vissza egy pillanatra a fenti példához, és nézzük meg, hogy milyen időkapszulákból is áll ez a második világ. Az A esemény itt egy szimpla esemény mindenfajta időbeli konnotáció nélkül. Hasonlóan a B is. Az AA esemény azt jelenti, hogy a világ ebben a pillanatban A állapotú, és innen nézve egy másik pillanatban is A. Vagyis AA egy időkapszula. Hasonlóan egyszintű „memóriával” rendelkező időkapszulák az AB, BA és a BB események. A maradék nyolc esemény, mint például az ABA, már nemcsak egy emléket hordanak magukban, hanem egy emlék emlékét is.

Egy időkapszulában tehát egy történet mintegy interiorizálva van egy eseményen belül. Vegyük észre, hogy a fenti két világ ontológiailag teljesen eltérő. Az első világban egy történet az idő pergő fonala mentén fokról-fokra bontakozik ki, a második világban ugyanakkor minden történet már eleve ott rejlik valamelyik eseményben. Míg az első világban a természettörvénynek az a dolga, hogy a kezdőfeltételek ismeretében meghatározza egy történet folytatását, addig a második világban a természetörvények kiválasztják és aktualizálják a pillanatok egy részhalmazát. Barbour szerint ez a következőképpen történik.

Ha a második világ természettörvénye kiválasztja az ABA eseményt, akkor kiválasztja az AB és az A eseményt is. Más szóval az események emlékezeti struktúrája konzisztens. Ha az ABA pillanat úgy ábrázolja a világot, hogy egy másik pillanatban az AB esemény megtörtént, akkor AB meg is történt, pontosabban megtörténik, hiszen ebben a világban az AB és az ABA pillanatok egymáshoz képest nincsenek időben elhelyezve. Ha pedig AB bekövetkezik, akkor A-nak is be kell következnie a konzisztencia miatt. A természettörvény tehát a lehetséges pillanatok olyan részhalmazát választja ki, amelyek emlékezetstruktúrája konzisztens egymással. Például az alábbi hármat: A, AB, ABA.

De mi a különbség aközött, hogy az első világban a természettörvény először az A-t, majd a B-t, végül ismét az A-t aktualizálja, és aközött, hogy a második világban az eseményeknek az {A, AB, ABA} részhalmazát választja ki? Éppen az, ami az elsődleges különbség a két világ között: hogy tudniillik az első világban van idő, a másodikban viszont nincs. Matematikailag szólva, az első világ eseményei egy lineárisan rendezett halmazt alkotnak, egy történetet definiálnak, míg a második világ eseményei „csak úgy vannak.” Ahogy Barbour fogalmaz, történetek helyett e második világot *utak* hálózák be. A két világ természettörvényei strukturálisan természetesen megfelelnek egymásnak: az első világ minden történetének megfelel a második világ eseményeinek egy részhalmaza – a történet kezdőselejteinek megfelelő események.

Nézzünk egy további különbséget a két világ között. Az első világban az A, majd a B esemény bekövetkezése után a harmadik másodperc előtt mind az A, mind a B esemény lehetséges volt, majd a természettörvény a két esemény közül az A eseményt aktualizálta. Így jött létre az ABA történet. Ugyanezt a helyzetet a második világ másképpen beszéli el. Itt két olyan pillanat van, amelyben egy másik pillanatra, AB-re mutat: nevezetesen ABA és ABB. Mindkét pillanat egy kétszintű időkapszula, amelyek konzisztensen ábrázolják a „múltat.” Ezzel szemben például az AAA pillanat mást mond a „múltról”, mint az ABA, bár a „jelent” mindketten ugyanolyannak mutatják.

Hogyan lehetségesek időkapszulák? Mi az, ami az ABA eseményben egy másik eseményre utal? Nyilvánvalóan ahhoz, hogy az ABA esemény utalni tudjon más eseményekre, elegendően bonyolult belső szerkezetű, kompozit eseménynek kell lennie. Egyetlen atom radioaktív bomlása nem rendelkezik ilyen belső struktúrával. Egy makroszkopikus esemény azonban a mikroszkopikus események olyan sokaságát foglalja magában, amely, legalábbis elvileg, lehetővé teszi az esemény makroszkopikus múltjának kódolását. A konkrét mechanizmusról Barbour nem mond semmit, pusztán az alábbi hasonlattal él. Képzeljünk el egy méhrajt, amely 5000 méhből áll. A méhraj helyzetének mikroszintű leírásához egy 15000 dimenziós konfigurációs térre lenne szükségünk, amelyben minden méhet három koordináta jellemez. A méhraj mint egész azonban makroszkopikusan jól jellemezhető négy adattal: a méhraj súlypontjának három koordinátájával és a raj nagyságát jellemző átmérővel. A többi 14996 koordináta a makroszkopikus leírás szempontjából érdektelen: a méhek a rajban rengeteg különböző módon helyezkedhetnek el anélkül, hogy közben a méhraj helye és mérete megváltozna. Ez az óriási számosságú mikroszintű szabadsági fok, amely a makroszintű leírásban közvetlenül nem manifesztálódik, lehetővé teszi azonban – legalábbis információelméletileg –, hogy a méhraj kódolni tudja egy korábbi makroszkopikus állapotát. Az idő illúzióját az események egymásra vonatkozása révén tehát a makroszintű leírás mögött rejlő nagyszámú szabadsági fokok teszik lehetővé, valahogyan – spekulál Barbour.

Összefoglalva tehát Barbour azt állítja, hogy a világon kívül álló, és a világ eseményeit lineárisan elrendező idő nem létezik. Ennélfogva történetek sincsenek, amelyek egy természettörvénynek megfelelően bomlanának ki az időben. Mindezek helyett időtlen események, pillanatok népesítik be a világot. Ezek az események információelméletileg elég bonyolultak, vagy legalábbis a makroszintű leírásuk elég durva ahhoz, hogy egy másik eseményre vonatkozó viszonyt is hordozzanak magukban. A természettörvények ebben a világban az események olyan részhalmazait választják ki, amelyek egymással kompatibilis emlékezeti struktúrával rendelkeznek. Ezek a részhalmazok nem történetek, hanem utak *Platóniában* – ahogy Barbour az időtlen események terét nevezi.

De miért higgyünk Barbournak? Milyen előnyökkel jár egy ilyen, hogy így mondjam, parmenidészi ontológia elfogadása a hagyományos herakleitoszi ontológiával szemben? Mielőtt feltennénk ezt a döntő kérdést, helyezzük el Barbour metafizikáját – néhány durva ecsetvonással – a kortárs filozófia térképén.

Filozófiai tájolás

Barbourt olvasva első pillanatra az idővel és az emlékezettel kapcsolatos szkeptikus hipotézisek juthatnak eszünkbe. Elég itt megemlíteni Philip Henry Gosse, angol természettudós *omphalos*-hipotézisét (1857), amely szerint Isten a Földet fosszíliaakkal, a fákat évgyűrűkkel, Ádámot és Évát pedig köldökkel (*omphalos*) teremtette; vagy Bertrand Russell „öt perces-hipotézisét” (1921), amely szerint az Univerzum öt perccel ezelőtt keletkezett teljes pompájában, a múltra utaló összes relikviájával együtt. Ezek a szkeptikus argumentumok azonban számottevően különböznek Barbour elméletétől.

Barbour terminusaiban fogalmazva, Russell hipotézisében csak egyetlen időkapszula van, és mi ebbe vagyunk episztemológiailag bezárva. A hipotézis éppen ezért szkeptikus, mivel elvileg foszt meg az igazolás lehetőségétől. Barbour azonban számtalan időkapszulával népesíti be az ontológiáját, amelyek – legalábbis potenciálisan – egyformán léteznek. (Mi több, az időkapszulák a lehetséges eseményeknek csak egy töredékét teszik ki. A méhraj mikroállapotai túlnyomórészt nem utalnak semmire.) Amikor egy időkapszula egy másik esemény fennállására utal, akkor vele kapcsolatban felvethető az igazolás kérdése, hogy tudniillik helyesen tükrözi-e a dolgok állását. Az ABA esemény akkor ábrázolja helyesen a világot, ha AB is fennáll; vagyis, ha a természettörvény mindkettőjüket, sőt, mint említettük, az A eseményt is aktualizálja. Barbour elmélete ebben ez értelemben tehát nem egy szkeptikus elmélet.

De ugyancsak nehéz elhelyezni Barbourt a prezentizmus-eternalizmus vitában is. Barbour nem beszél időmódusokról, és a bekövetkezés problémája sem foglalkoztatja. Szerinte nem azért nincs idő, mivel minden esemény jelenidejű, vagy mert, éppen ellenkezőleg, a múlt- és jövőidejű események épp annyira reálisak, mint a jelenbeliek (Butterfield, 2002). Amint majd látni fogjuk, Barbourt az idő tagadásában egészen más motiválja. A prezentizmussal pusztán az rokonítja, hogy az időkapszulákban a „múltbeli” eseményekhez a „jelenbeli” eseményeken keresztül férünk hozzá.

Barbour elmélete eltér továbbá Lewis modális realizmusától is. Jóllehet az időkapszulák és a többi esemény mind a világ egy lehetséges állapotát írják le, a természettörvények mégis csak néhányat aktualizálnak közülük. A természettörvények által kiválasztott eseményeknek és a többi eseménynek nem ugyanaz az ontológiai státusa: az egyik aktuális, a másik csak lehetséges.

Barbour elmélete leginkább egyfajta temporális leibnizianizmusra hasonlít (Ismael, 2002). Barbour Leibnizzel egyetemben tagadja, hogy a tér is az idő fogalma az ontológiát benépesítő partikuláris létezők, időkapszulák és monások közötti *externális* viszony lenne. Ahogy a tér Leibniznél a monások reprezentációjának egyfajta konzisztenciafeltétele, úgy Barbournél az idő nem egy külső folyam, amelyben az események úsznak, hanem az időkapszulákon belüli *internális* relációkból emergáló struktúra.

De térjünk vissza az alapkérdésünkhöz, hogy tudniillik mi támasztja alá Barbour időtlen ontológiáját. Ha jól látom, erre Barbour válasza a következő: egy *relacionista* fizikai elmélet, amely a newtoni-einsteini *abszolutista* fizikának egy lehetséges alternatívája. Quine-i értelemben tehát azért nincs idő, mivel a világról alkotott legjobb, vagy legalábbis a legjobbal egyenrangú elméletünkben nem szerepel. Az alábbiakban megpróbálom a filozófus közösség számára fogyasztható módon felvázolni ezt a relacionista elméletet. Először azonban tekintsük át röviden a tér és idő relacionista illetve abszolutista felfogásának történeti hátterét.

Abszolutizmus és relacionizmus

Az abszolutizmus *versus* relacionizmus vita a tér és az idő tekintetében a klasszikus mechanika születéséig nyúlik vissza. A vita két emblematis alakja Newton és

Leibniz. Newton *Principiája* a világot egy abszolút térbe és abszolút időbe helyezi. Az „abszolút” jelző itt arra vonatkozik, hogy ez a tér és idő önálló entitás, amely meghatározza a testek mozgását, ugyanakkor ő maga nem függ a benne levő testektől és azok mozgásától. A newtoni mechanika törvényei ebben az abszolút vonatkoztatási rendszerben érvényesek.

Leibniz, Newton relacionista ellenlábasa azonban nem fogadja el ezt az alapvetést. Az abszolút tér és idő megfigyelhetetlen létezők, és így nem is szolgálhatnak alapul egy helyénvaló fizikai elmélet számára. Kritikáját két elvre építi, az *elégéses ok* elvére és a *megkülönböztethetetlenek azonosságának* elvére. Milyen oka is lehetett a teremtőnek, kérdi Leibniz, hogy a világot az abszolút térben éppen oda, ahova, és nem egy mérfölddel arrébb; illetve, hogy éppen akkor, amikor, és nem egy órával később teremtette? A két világ egymástól megkülönböztethetetlen, tehát azonos, így az abszolút tér és idő nem létezik.

A newtoni fizika úgynevezett Galilei-kovarianciája a leibnizi álláspont mellett szólt. Amint azt Galilei megfigyelte, az egymáshoz képest egyenvonalú egyenletes mozgást végző rendszerekben a természet egyformán viselkedik, tehát fizikai leírásuk is azonos. A mechanikai leírás tehát nem tesz különbséget az abszolút térben álló és a hozzá képest mozgó vonatkoztatási rendszerek között. Mindez látszólag Leibniz álláspontjának kedvez. A leírás azonban különbséget tesz az álló és a forgó rendszerek között. Ez Newton híres vödör-kísérlete. Ha egy vödör vizet megpörgetünk, akkor a folyadék felszíne meghajlik, ami nem tulajdonítható másnak, így Newton, mint az abszolút térhez képesti mozgásnak. Az abszolút térnek tehát a testek viselkedésében manifesztálódó, érzékelhető hatása van. A jelenséget nem lehetett a víznek a környező tárgyakhoz viszonyított mozgásával magyarázni, mivel a jelenség akár a vízzel együtt forgó, akár a hirtelen megállított vödör esetén is fennállt. Leibniz relációs felfogása tehát – természetesen nem elsősorban a vödör-kísérletnek, inkább a newtoni fizika megkérdőjelezhetetlen sikerének köszönhetően – háttérbe szorult.

A relacionizmus újjáélesztése Ernst Mach osztrák fizikus nevéhez fűződik a 19. század végén. Newton vödör-kísérletéből kiindulva Mach azt a kérdést tette fel, hogy vajon nem lehetséges-e a víztükör meghajlását a víz forgásának tulajdonítani, de nem az abszolút térhez, hanem az Univerzum távoli csillagaihoz képest végzett forgásának. Ez a feltételezés régi jogába állítaná vissza a relacionizmust, hiszen a jelenségek ismét csak testek közötti távolsági relációk alapján válnának magyarázhatóvá. Mach elképzelésének azonban a 19. század közepétől megerősödő mezőelméleti paradigma nem kedvezett. E paradigma, amelynek legjelentősebb alkotása a Faraday–Maxwell-féle elektrodinamika, merev testek helyett a teret kitöltő folytonos mezőket állított a fizikai ontológia középpontjába, és mezők közötti hatást egy pontról-pontra terjedő lokális és kauzális hatásként ábrázolta. Mach elképzelése a távoli csillagok kauzális szerepéről igen rosszul illeszkedett ehhez a paradigmához.

Az Einstein-féle általános relativitáselmélet egyik fő motivációja azonban éppen ennek az ellentmondásnak a feloldása volt. Einstein Machhoz hasonlóan száműzni kívánta az ontológiából az abszolút teret és időt, ugyanakkor a lokális fizikai hatást kifejező mezőelméleti paradigmát is törekedett megőrizni. A tudománytörténet furcsa ironiája, hogy a munkássága nyomán létrejött relativitáselmélet abszolút tere és ideje

még Newton terénél és idejénél is „abszolútabb”: az anyaggal azonos ontológiai polcon álló, arra hatni és tőle hatást elszenvedni képes entitás.

A poszt-einsteini tudományfilozófiát ez az abszolutista felfogás jellemezte. Az abszolutizmus sikere mögött egyfelől a rivális relacionista fizikai elméletek hiánya állt, másfelől a logikai pozitivizmust felváltó tudományos realizmus filozófiai klímája, amely toleránsabban viselkedett minden megfigyelhetetlen, de teoretikusan szükséges entitással szemben. Az abszolutista felfogás ellen egyetlen érv született a 80-as években – bár nyomaiban megjelent már Einsteinnél is: az ún. *lyuk-argumentum*. Eszerint az általános relativitáselmélet determinisztikus jellegét csak akkor lehet megőrizni, ha nem a téridőpontoknak, hanem azok bizonyos ekvivalenciaosztályainak tulajdonítunk csak fizikai jelentést. Az ezzel a gondolattal megbékélő *szofisztikált abszolutizmus* (Pooley, Barbour, 2002) maradt tehát az uralkodó nézet mind a mai napig, és ebben a szellemben folytak a kutatások az általános relativitáselmélet és a kvantumelmélet egyesítésére az ún. *kvantumgravitáció* neve alatt.

Julian Barbour munkássága ebbe az „abszolutisztikus konszenzusba” robbant be. Miben is áll Barbour újítása?

Barbour relacionista fizikája

Az egyszerűség kedvéért tegyük fel, hogy az Univerzum mindössze három tömegpontból, három bolygóból áll. Az abszolút térben e három bolygó helyzetének leírására kilenc koordinátára van szükségünk, minden bolygó esetében háromra. Amit azonban közvetlenül mérni tudunk, az csupán a három bolygó egymáshoz viszonyított relatív távolsága, ami három adat. Ez a három adat meghatározza a három bolygó alkotta háromszög nagyságát, de nem határozza meg a háromszög helyét és orientációját az abszolút térben. Ez a kétszer három adat a kilencből tehát megfigyelhetetlen.

Tegyük fel most, hogy a mechanikánkat nem az abszolút térbeli, a megfigyelhető és nem megfigyelhető koordinátákat összekeverő kilencdimenziós konfigurációs térben kívánjuk felépíteni, hanem jó pozitivistaként a pusztán megfigyelhető adatokat használó ún. relatív konfigurációs térben. Ezt a teret az abszolút konfigurációs térből úgy kapjuk, hogy azokat az abszolút konfigurációkat, amelyek azonos relatív konfigurációkhoz vezetnek, vagyis amelyek pusztán a három bolygó együttes eltolásából vagy elforgatásából adódnak, azonosnak tekintjük. Ahogy a matematikusok mondják, lefaktorizálunk az euklidészi-csoporttal. Lehetséges-e fizikát művelni a relatív konfigurációs térben – lényegében ez Barbour kérdése.

A newtoni fizikában a bolygók pillanatnyi abszolút helyzete és abszolút sebessége egyértelműen meghatározza a bolygók *trajektóriáját*, azaz további pozícióikat az abszolút időben és térben. Amint azonban Henri Poincaré, francia matematikus és fizikus megfigyelte (1901), az abszolút adatokkal szemben a *relatív* távolságok és azok változása nem határozzák meg egyértelműen a rendszer trajektóriáját a relatív konfigurációs térben. Itt az egyenletek nem másod-, hanem harmadrendűek lesznek.

Hogy mi is a probléma a relációs leírással, az könnyen látható a három bolygó példáján. Ha mindössze annyi információnk van, hogy a három bolygó egyforma

tömegű, egyenlő távolságra helyezkedik el egymástól, és az adott pillanatban nem mozognak egymáshoz képest – nos, ebből még nem fogjuk tudni meghatározni, hogy hogyan is fognak viselkedni a bolygók a jövőben. Ha ugyanis a bolygók mozdulatlanul állnak *az abszolút térben*, akkor a gravitációs vonzás miatt el fognak indulni egymás felé. Ha azonban éppen akkora sebességgel forognak, amely kompenzálja a közöttük levő vonzóerőt, akkor relatív távolságuk nem fog változni. A relatív trajektória meghatározásához tehát nem elég tudni a relatív adatokat, hanem azt is tudnunk kell, hogy az abszolút térhez képest mekkora a rendszer energiája és perdülete.

Barbour azonban nem az abszolutisták szemével tekint a problémára. Ami szerint hiányzik, az nem a rendszer energiája és perdülete az abszolút térhez képest, hiszen – nem lévén abszolút tér – ezek a fogalmak értelmetlenek. A hiányzó adatok egyszerűen a rendszer további *paraméterei*, amelyek megadása szükséges a dinamikai leíráshoz. E paraméterek ismeretében nemcsak a rendszer dinamikai viselkedését tudjuk meghatározni, hanem – és ez egy fontos pont! – a relatív sebességek helyett elég lesz pusztán *irányokat* megadni. Ez azt jelenti, hogy a dinamikai leíráshoz elég lesz azt megadni, hogy a relatív koordináták hogyan változnak, de nem szükséges megadni, hogy milyen sebességgel. Az irány és a sebesség között azonban éppen az idő a különbség. Az idő egyszerűen eltűnik a leírásból.

De mit jelentenek az irányok a relatív konfigurációs térben? Ehhez mindenekelőtt a távolság fogalmát kell bevezetni. Milyen messze van egymástól két relatív konfiguráció? A fenti példánkat alkalmazva: milyen „messze” van egymástól két olyan háromszög, amelynek csúcaiban a bolygók állnak? Mivel nincsen abszolút térünk, amelybe a háromszögeket elhelyezhetnénk, más eljárással kell a távolságukat meghatároznunk. Ez az eljárást hívja Barbour a *legjobb illeszkedés* (*best matching*) módszerének.

A módszer lényege a következő: vegyük a bolygók két konstellációját. Ezek mindegyike meghatároz egy háromszöget. A két háromszög általános esetben nem egybevágó, tehát nem hozható fedésbe. Próbáljuk meg mégis annyira fedésbe hozni őket, amennyire csak lehetséges; azaz próbáljuk meg minimalizálni a megfelelő csúcsok távolságainak összegét (súlyozva a csúcsokban levő bolygók tömegével). Az így kapott szám lesz a két relatív konfiguráció távolsága. Mint látható, ez a távolság egybevágó konstellációknál nulla, amint ezt várjuk. Ez az eljárás tetszőleges véges számú tömegpontot tartalmazó rendszerre általánosítható (bár mezők esetében matematikai bonyodalmakhoz vezet).

Bár Barbour nem hisz az abszolút térben, ez a metrika mégis lehetőséget nyújt az abszolút tér pontjainak azonosítására. Ezt a problémát nevezi Barbour az *ekvilokáció* problémájának. A kérdés itt az, hogy hogyan is azonosítsuk két különböző pillanatban a térpontokat? A probléma nyilván abban áll, hogy az abszolút tér pontjai ellentétben a benne levő testektől megfigyelhetetlenek. Barbour válasza erre a következő: Helyezzük el a három bolygót tetszőleges módon az abszolút térben, majd tekintsünk egy másik pillanatot, amikor a bolygók relatív helyzete megváltozott, és ezt is helyezzük el a tér egy kópiájában. Ezek után a két abszolút teret mozgassuk egymás fölé addig, amíg a két relatív konfiguráció fent megadott távolsága minimális nem lesz. Az abszolút térnek ekkor egymás fölé kerülő pontjait nevezzük ekvilokálisnak. A relatív konfigurációknak ezt a fajta elhelyezését az abszolút térben nevezi Barbour *horizontális*

rakásnak (horizontal stacking). A horizontális rakás tehát lehetőséget nyújt arra, hogy a megfigyelhető relatív távolságok köré mintegy „visszaépítsük” a newtoni abszolút teret.

Ha van metrikánk a relatív konfigurációs térben, akkor alkalmazhatjuk a 19. század nagy találmányát, a mechanika szélsőértékelveit. Ezek a következőképpen működnek. Rögzítsük egy mechanikai rendszer kezdő- és végállapotát, és gondolatban rajzoljuk meg az összes olyan pályát, amely a két állapotot összeköti. Minden egyes pályán számoljuk ki egy bizonyos hatásnak nevezett mennyiség értékét. Ez az érték minden pályán más és más lesz. A hatáselv azt állítja, hogy a sok lehetséges pálya közül az fog a természetben megvalósulni, amelyen a hatás minimális.

A szélsőértékelveknek számos változata van forgalomban. Némelyikben pusztán a pálya alakja érdekel bennünket, máshol az is, hogy a rendszer hogyan halad végig az időben a pályán. Az első, a pályán való mozgás idejével *nem* foglalkozó elvet Jacobi-elvnek hívják (Gryb, 2010). Barbour (és olasz szerzőtársa, Bruno Bertotti) fizikusi érdeme abban áll, hogy a Jacobi-elvet a relatív konfigurációs térre alkalmazta, és az elv segítségével meghatározta a pályákat a relatív konfigurációs térben. Először is fontos látni, hogy a pályák kiválasztása egy lineáris rendezést generál a pályán levő események között; vagyis a rendezés nem kívülről, az abszolút idő révén kerül rá az eseményekre. Másodszor, egy pálya megadása matematikailag egy paraméter segítségével történik. Barbour megmutatta, hogy abban az esetben, ha ezt a paramétert az abszolút időnek választjuk, a szélsőértékelvből származó mozgásegyenletek éppen a Newton-egyenletek lesznek. A fenti szóhasználatot követve, a pályáknak ez a speciális paraméterezése a konfigurációk *vertikális rakásához* vezet, vagyis megadja, hogy a konfigurációknak hogyan kell követniük egymást az abszolút időben ahhoz, hogy a Newton-egyenletek teljesüljenek. Röviden, a relatív konfigurációkból nemcsak az abszolút tér építhető fel, hanem az abszolút idő is.

Az időnek ez a redukciója egy fizikai rendszernek *mint egésznek* a dinamikai viselkedésére jól ismert a csillagászatban. A csillagászok ezt az időt, amelyet a Naprendszer egészének viselkedéséből párolnak le, *efemeris időnek* nevezik. Az efemeris idő 1952-től 1976-ig, az atomórák bevezetéséig hivatalos időmértéknek számított (Barbour, 2008).

Filozófiailag Barbour relacionista fizikája tehát két szempontból figyelemreméltó. Egyfelől Barbour valóban végrehajtja (hacsak a pontmechanikán is) a szigorú mach-i programot: fizikája kizárólag relatív mennyiségeket tartalmaz. Másfelől nála az idő a rendszer intrinzikus tulajdonságai révén definiálható emergens fogalom. Barbour fizikája valóban teretlen és időtlen.

Összegzés

Sok mindenről nem esett szó. Szándékosan elkerültem Barbour kvantumelméleti okfejtéseit, noha ezeknek Barbour éppen az időkapszulák létezését illetően különös jelentőséget tulajdonít. Az igazat megvallva nem látom, hogy a kvantumelmélet bevezetése mennyiben is visz közelebb az időkapszulák létezésének kérdéséhez. A konkrét mechanizmusról Barbour itt sem mond sokkal többet, mint a méhrajos

példájában, hogy tudniillik a kvantumelméletben valahogyan éppen ezek a belső struktúrával rendelkező események kapnak nagy valószínűséget. Valahogyan. Nem világos továbbá az sem, hogy a könyv két nagy témája, az idő „kitranszformálhatósága” a fizikai elméletekből és az idő emergenciája az időkapszulák révén hogyan is függ össze egymással. Végül ami a relacionista kiindulópont nyújtotta lehetőségeket illeti a kvantumgravitáció számára – nos, mindezt távolról sem vagyok kompetens megítélni.

Ne felejtjük el azonban, hogy ezeket a kérdéseket egy felszálló ágba levő kutatási projektnek szegezzük. Barbour és csapatának ún. *alakdinamikai* kutatásai napjainkban is folynak, amennyire látom, egyre szélesedő körökben (lásd www.platonian.com). Ez a kutatás mindenesetre az ezredforduló egyik legizgalmasabb vállalkozása a tér és idő filozófiája szempontjából, amely mindenképpen figyelmet érdemel a filozófusok részéről a jövőben.

Már ha létezik jövő.

Irodalom

Barbour, Julian 1999. *The end of time*. Oxford, Oxford University Press.

Barbour, Julian 2001. *The discovery of dynamics*. Oxford, Oxford University Press.

Barbour, Julian 2008. The nature of time. A FQXi 2008-as díjnyertes esszéje: URL = <http://fqxi.org/community/forum/topic/360>.

Butterfield, Jeremy 2002. The end of time? *The British Journal for the Philosophy of Science*. 53. 289-330.

Gryb, Sean 2010. Jacobi's principle and the disappearance of time. *Physical Review D*. 81. 044035.

Ismael, Jennan 2002. Rememberance, mementos and time-capsules. In: Craig Callender szerk. *Time, Reality and Experience*. Cambridge, Cambridge University Press.

Pooley, Oliver – Harvey R. Brown, 2002. Relationalism rehabilitated? I: Classical mechanics. *The British Journal for the Philosophy of Science*. 53. 183-204.